R. UNIVERSITÀ DI PISA
ISTITUTO DI PATOLOGIA VEGETALE
E DI MICROBIOLOGIA AGRARIA E TECNICA
R. OSSERVATORIO REGIONALE DI FITOPATOLOGIA

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE
AUG 1946

158

G. LUCHETTI

RICERCHE SUI TERRENI DELLA ZONA BORACIFERA DI LARDERELLO

I. – IL BORO NEL TERRENO E NELLE PIANTE.

Estratto dal *Bollettino della Facoltà di Agraria*
Vol. XIV - 1938 - XVI

PISA, PREMIATO STABILIMENTO TIPOGRAFICO G. CURSI & FIGLI – 1938 XVI

G. LUCHETTI

RICERCHE SUI TERRENI DELLA ZONA BORACIFERA DI LARDERELLO.

I. – Il boro nel terreno e nelle piante.

Riassunto: *L'A. ha analizzato terreni e piante della zona boracifera di Larderello, per accertare le quantità di boro ivi contenute ed indagare il grado di bororesistenza delle piante stesse. Ha trovato che le piante della zona suddetta resistono più che altre sperimentate dai vari Aa.*

Sommario

Introduzione e scopo del lavoro.
A – Analisi fisico-chimica dei terreni.
Discussione dei risultati.
B – Determinazione del boro nelle piante.
Discussione dei risultati.
C – Azione dei composti borici sulle piante.
Conclusioni.

Introduzione e scopo del lavoro [1]

Le segnalazioni sulla presenza del boro nel suolo sono oramai numerosissime, tanto da far ritenere che buona parte dei terreni ne sia provvista, sebbene sempre in quantità minime.

---

[1] – I numeri, in parentesi quadra, che seguono i nomi degli Aa., si riferiscono alla bibliografia riportata nella II Memoria.

Determinazioni quantitative si debbono a Bertrand e Agulhon [23-28] cui spetta anche il merito di avere elaborato un metodo sensibilissimo per il microdosaggio di questo elemento.

Inoltre, si hanno moltissime notizie sulla presenza del boro nelle piante: la più antica, di Wittstein e Apoiger [151] del 1857, ed in seguito quelle più recenti di Peligot [115], Bechi [17], Morel [107] ed altri, fino alle ricerche recenti di Callison [43], Agulhon [2-3], Bertrand e Agulhon [22-28], Bertrand e De Waal [29].

Baumert [16], Jay [85], Azzarello [7] ed altri trovarono il boro come componente normale, in vini di diversa provenienza, in quantità variabili (mg/litro 9-33 nei vini francesi, mg/litro 19-41 in quelli italiani).

Non è però ancora ben chiarito l'ufficio di questo elemento

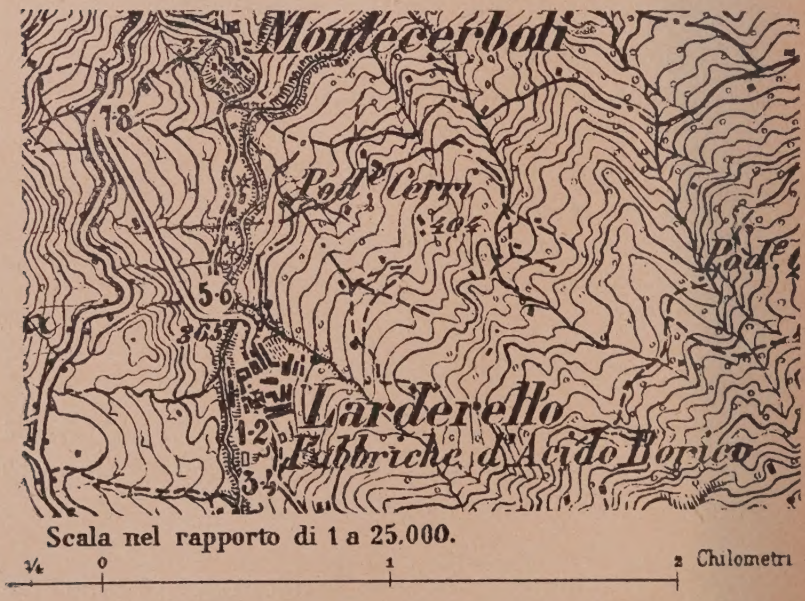

Fig. 1 – *Pianta topografica della zona di Larderello* (i numeri indicano i punti di prelevamento dei campioni).

nella fisiologia vegetale, quantunque si siano studiati gli effetti sia del suo eccesso che del difetto.

Con il presente lavoro si son voluti indagare i rapporti fra boro, terreno e piante superiori, portando l' indagine su una località i cui terreni "*a priori*" si possono ritenere ricchi in boro e, cioè, sulla zona boracifera di Larderello.

Sulle località in cui furono prelevati i campioni si è riferito in una Nota preliminare [100].

Senza riportare di nuovo la descrizione di dette località, queste si indicano nella pianta topografica della zona di cui alla fig. 1.

A – Analisi fisico-chimica dei terreni.

Dei campioni di terreno si fece l'analisi fisico-chimica sommaria e si ricercò inoltre in essi la quantità di boro solubile in acqua, in acido fosforico al 50 % ed in H_2SO_4 conc., usando per queste ricerche il micrometodo di Bertrand e Agulhon [28] la cui sensibilità permette di determinare con sufficiente esattezza quantità anche minime di questo elemento, dell'ordine di pochi γ. Il metodo, come è noto, è basato sulla volatilità dell' etere metilborico che si distilla su acido fosforico raccogliendolo su soluzione di NaOH e che si determina successivamente, previa acidificazione con HCl, mediante la colorazione della carta alla curcuma, in confronto con una scala colorimetrica preparata a partire da soluzioni di H_3BO_3 a concentrazione nota.

Le ricerche dettero i risultati di cui alle seguenti Tabelle I e II.

Discussione dei risultati.

Le quantità di boro, che furono ricercate nei campioni di terra mediante la solubilità in acqua, in acidi deboli (acido fosforico al 50 %) ed in acidi forti (acido solforico concentrato), sono piuttosto rilevanti, specialmente in alcuni terreni. Analizzando i valori della

TABELLA I – *Analisi fisico-chimica dei campioni di terreno.*
(Valori per Kg. di terra fina)

Camp. N.	Umidità a 110°C		Sost. organ.		Calcare		Sabbia		Argilla		pH
1	52,1	58,45	21,8	24,60	268,5	267,10	270,4	259,05	387,2	390,80	7,6
2	64,8		27,4		265,7		247,7		394,4		7,8
3	49,2	51,40	38,1	29,65	484,4	449,40	302,0	171,05	126,3	248,05	7,4
4	53,6		21,2		414,4		141,0		369,8		7,5
5	48,1	48,95	42,0	31,15	221,4	216,45	177,0	166,40	511,5	537,05	7,4
6	49,8		20,3		211,5		155,8		562,6		7,7
7	52,0	57,60	25,8	24,40	236,5	223,50	128,1	267,35	557,6	427,05	7,5
8	63,2		23,0		210,5		406,8		296,5		7,7
9	53,4		18,6		15,0		345,4		567,6		7,7
10	58,6		21,4		20,3		381,2		518,9		7,2

TABELLA II. – *Contenuto in boro dei diversi campioni di terreno*
(Valori in mg/kg di terra)

Camp. N.	Solubile in H_2O				H_3PO_4 50%				H_2SO_4 conc.			
	B		H_3BO_3		B		H_3BO_3		B		H_3BO_3	
1	10	10	56	56	60,8	60,8	338	338	100	100	563	563
2	10		56		60,8		338		100		563	
3	10	7,5	56	42	60,8	40,5	338	225	60,8	43	338	239
4	5		28		20,2		112		25,2		140	
5	5	3,5	28	20	50,8	35,5	282	197	76,0	50,6	422	281
6	2		11		20,2		112		25,2		140	
7	2,5	2,5	14	14	15,1	15,1	84	84	25,2	22,7	140	126
8	2,5		14		15,1		84		20,2		112	
9	14,6		81		15,1		84		20,2		112	
10	16,6		92		20,2		112		40,4		225	

Tabella II si osserva che, nelle prime quattro coppie di campioni, vi è una stretta relazione fra quantità di boro totale (cioè solubile in acidi forti) e distanze dalla zona boracifera vera e propria, cioè, dai punti in cui si ha fuoriuscita di vapore carico di boro. Si riporta, nel prospetto che segue, la distanza dagli Stabilimenti e la quantità di

boro (media fra suolo e sottosuolo) delle quattro coppie di campioni.

Campioni	1-2 =	distanza	m.	100 ;	B mg/kg	100,0
„	5-6 =	„	„	200 ;	„ „	50,6
„	3-4 =	„	„	300 ;	„ „	43,0
„	7-8 =	„	„	1.000 ;	„ „	22,7

Nella fig. 2 queste cifre sono rappresentate in una curva nella quale risulta evidente un andamento alquanto regolare.

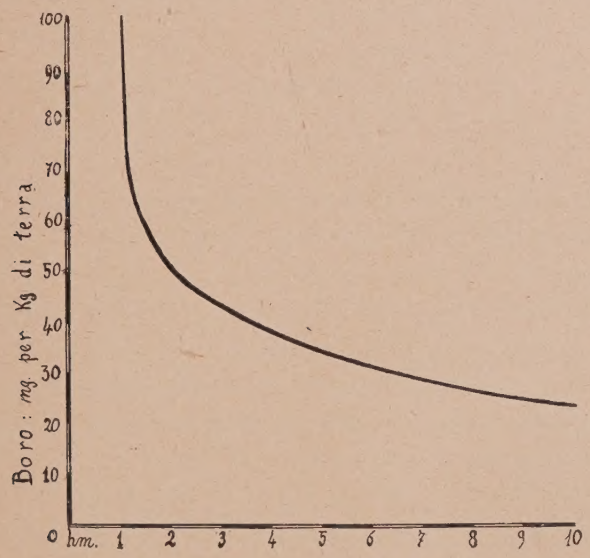

FIG. 2 – *Curva della variazione delle quantità di boro in funzione della distanza dal centro della zona dei soffioni.*

Soffermandosi ancora sul contenuto in boro dei terreni della zona è da rilevare come in appezzamenti incolti (campioni NN. 3-4, incolto, e campioni NN. 5-6, prato naturale) il boro tenda ad accumularsi in superficie mentre è ripartito quasi uniformemente nello strato di 30 cm. nei terreni soggetti a coltura e quindi a rovesciamento.

È da notare inoltre come vi sia un assai vario rapporto fra boro solubile in acqua e boro totale, da terreno a terreno.

Si riuniscono questi dati nel prospetto che segue segnando accanto a ciascun terreno il relativo contenuto in calcare.

Campioni	Rapporto $\frac{\text{Boro sol. in } H_2O}{\text{Boro totale}}$		Calcare	
1 - 2	1 : 10,0		267 ‰	
3 - 4	1 : 5,7	media	449 ‰	media
5 - 6	1 : 14,5	1 : 9,8	216 ‰	288,7
7 - 8	1 : 9,1		223 ‰	
9	1 : 1,4	media	15 ‰	media
10	1 : 2,5	1 : 2	20 ‰	17,5

I dati sopra riportati stanno a dimostrare che è esatta la supposizione, avanzata da numerosi Autori, che nel terreno vi sia una profonda interferenza tra boro e calcio.

E l' interferenza si spiega anche chimicamente in quanto è noto che i sali di calcio precipitano il boro.

A questo proposito, anzi, occorre ricordare un lavoro di ALINARI [4] il quale ha forse dato un'altra dimostrazione della surricordata interferenza fra ione Ca e ione B.

Questo A. avendo esaminato alcuni terreni di Larderello, acidi, prelevò del terreno dalla zona suddetta, vi coltivò piante di diverse specie, previa aggiunta di calce, ed ottenne risultati nettamente favorevoli.

Nulla vieta di supporre che la neutralizzazione dell' acidità sia stata la causa che ha favorito lo sviluppo delle piante, secondo l'opinione espressa dall'A., ma d'altronde è anche lecito pensare che ALINARI avrebbe dovuto fare qualche determinazione di boro nel terreno usato, proveniente da una zona boracifera, per non far sorgere il dubbio che una parte almeno della favorevole azione della calce possa essere stata causata dalla precipitazione del boro.

B – Analisi di piante della zona boracifera di Larderello.

Insieme ai campioni di terra si prelevarono campioni di piante allo scopo di ricercarvi quantitativamente il boro.

Le località di prelevamento, che furono indicate nella Nota preliminare già detta [100] e nella cartina acclusa, non si ripetono per brevità. Solo si riporta nella Tabella III il contenuto in boro, solubile in acqua e totale, dei terreni sui quali si prelevarono le piante.

Le analisi furono eseguite con il citato micrometodo di Bertrand e Agulhon [28].

Tabella III – *Contenuto in boro delle piante analizzate.*

Campione N.	Da località	Nome della pianta	Sostanza secca analizzata gr.	Ceneri		Boro				Totale
				mg.	% sostanza secca	trovato γ	mg/kg di sostanza secca	mg/kg ceneri	mg/kg di terra (sol. in H_2O)	
1	E	*Lolium sp.*	1,00	64,0	6,4	100,00	100,00	1.562,5	16,6	40,4
2	E	*Silene gallica*	1,00	110,0	11,0	100,00	100,00	909,9	16,6	40,4
3	A	*Triticum vulgare*	1,00	182,0	18,2	20,00	20,00	109,0	10,0	100,0
4	A	*Lolium sp.*	0,25	32,0	12,8	1,00	4,00	31,2	10,0	100,0
5	A	*Yuncus sp.*	1,00	88,0	8,8	50,00	50,00	568,0	10,0	100,0
6	B	*Triticum vulgare*	1,00	133,0	13,3	2,50	2,50	18,8	7,5	43,0
7	B	*Lolium sp.*	0,40	55,0	13,7	1,50	3,70	46,9	7,5	43,0
8	B	*Spartium yunceum*	1,00	20,0	2,0	60,00	60,00	3.000,0	7,5	43,0
9	C	*Triticum vulgare*	1,00	149,0	14,9	2,50	2,50	16,8	3,5	50,6
10	C	*Lolium sp.*	1,75	250,0	14,4	7,50	4,20	30,0	3,5	50,6
11	C	*Spartium yunceum*	1,00	28,0	2,8	50,00	50,00	1.785,7	3,5	50,6
12	D	*Vicia faba*	1,00	127,0	12,7	50,00	50,00	393,7	2,5	22,7
13	D	*Lolium sp.*	0,365	60,0	18,5	0,75	2,00	12,5	2,5	22,7
14	F	*Triticum vulgare*	0,75	107,0	14,3	1,00	1,33	9,3	?	?
15	F	*Vicia faba*	1,00	137,0	13,7	50,00	50,00	365,0	?	?
16	F	*Spartium yunceum*	1,00	41,0	4,1	1,00	1,00	24,4	?	?

Nella Tabella sono riportati i risultati di dette analisi. In questa le piante sono raggruppate a seconda della provenienza; le località, designate da lettere, si susseguono in ordine di decrescente contenuto dei terreni, in boro solubile in acqua.

Come di norma, si sono espresse le concentrazioni in boro non in parti per milione, secondo l' uso degli Aa. specialmente americani, ma in milligrammi per chilogrammo di sostanza.

Il risultato, del resto è, in valore assoluto, perfettamente identico corrispondendo 1 mg/kg ad 1 parte per milione.

Discussione dei risultati.

Le considerazioni che scaturiscono dai risultati di queste analisi sono di vario ordine e riguardano in primo luogo la quantità di boro assorbita da piante, della stessa specie, sviluppate su terreni a diverso contenuto di boro solubile. Sotto questo punto di vista le analisi hanno dimostrato che esiste, quasi costantemente, un rapporto diretto fra boro solubile nel terreno e boro nelle piante; fanno eccezione la *Vicia faba,* ed in qualche caso anche il *Lolium,* quest'ultimo, però, con scarti di scarso valore.

In secondo luogo è da osservare il diverso assorbimento del boro da parte delle piante pluriennali *(Yuncus* e *Spartium)* rispetto alle annuali: molto maggiore, in senso assoluto, nelle prime che nelle seconde, come, del resto, è logico prevedere.

Fra piante spontanee e piante coltivate, appartenenti alla stessa famiglia, vi sono pure differenze notevoli: a questo riguardo si noti il diverso comportamento delle due graminacee *(Triticum* e *Lolium)*

Il *Triticum* sembra assorbire il boro in minor grado che il *Lolium,* fino a che non si sorpassa un certo limite di concentrazione nel terreno; oltre questo (che si può ritenere all'incirca di mg/kg di terra 7,5) l'assorbimento aumenta notevolmente.

Per il *Lolium,* invece, il limite suddetto sembra notevolmente più alto (oltre 10 mg/kg di terra).

La ragione di questo fatto è probabilmente da ricercarsi nell'adattamento della pianta spontanea all'ambiente, avvenuto attraverso un numero certamente alto di generazioni.

Infine, è da osservare che i risultati che si sono ottenuti, confrontati con quelli riportati da Bertrand e De Waal [29] risultano notevolmente bassi, in particolare per il frumento. Secondo le analisi che si sono riportate, il frumento in un solo caso raggiunge una concentrazione in boro (20 mg/kg) superiore a quelle trovate dai citati Autori.

D'altra parte, mentre quelli hanno trovato, in piante coltivate su terreno normale, concentrazioni in boro fino a 94,7 mg/kg nel papavero e di 93 mg/kg in una Euforbiacea, si sono riscontrate, in piante sviluppate in terreni ricchi in boro come quelli di Larderello e di Castelnuovo Val di Cecina, soltanto concentrazioni di 100 mg/kg.

La ragione di ciò va forse ricercata nell'influenza dell'epoca di prelevamento e dello stadio di sviluppo delle piante sul loro contenuto in elementi minerali assorbiti dal terreno.

C – Azione dei composti borici sulle piante.

Resta infine da confrontare le quantità di boro riscontrate nei terreni di Larderello con quelle sperimentate sullo sviluppo delle piante dai diversi Aa., in base ai risultati da loro ottenuti.

Per questo confronto occorre distinguere tre diversi fenomeni e cioè: le manifestazioni patologiche da carenza, le azioni stimolanti ed infine quelle tossiche. Inoltre, i risultati ottenuti dai diversi sperimentatori debbono ripartirsi in due grandi categorie a seconda che le esperienze siano state condotte su piante allevate in soluzioni nutritive od in terra.

L'assoluta necessità della presenza di boro è sostenuta dalla generalità degli studiosi che si occuparono dell'argomento e principalmente da Hoagland e Snyder [80], Jacks e Scherbatoff [83], Kotila e Coons [91], Leone [96], Mazé [103], Mes [106] e van

TABELLA IV – *Azione dei composti del boro sulla germinazione dei semi "in vitro"*.

Semi di	AUTORE	Rifer. bibliog. N.	Concentrazione stimolante			Concentrazione tossica		
			Acido borico mg/litro	Borato sodico mg/litro	Espressa in Boro mg/litro	Acido borico mg/litro	Borato sodico mg/litro	Espressa in Boro mg/litro
Frumento	ARCANGELI	5				5.000		*900*
"	VOELKER	135	1 – 5		*0,18–0,90*	10		*1,8*
"	"	"		1 – 5	*0,12–0,60*		10	*1,2*
Mais	ARCANGELI	5				5.000		*900*
Fagiuolo	"	"				5.000		*900*
Fava	"	"				5.000		*900*
Lupino	"	"				5.000		*900*
Ravanello	"	"				5.000		*900*
"	HECKEL	78					12.500-30.000	*1.500–3.600*
Veccia	ARCANGELI	5				5.000		*900*

Overbeek [113]; non risulta invece che questa necessità sia stata negata da alcuno.

La germinazione dei semi delle piante superiori, in presenza di boro, risente gli stessi effetti che si notano sullo sviluppo delle piante stesse, e, cioè, stimolazione o intossicamento, a seconda delle concentrazioni sperimentate.

Non si può, naturalmente, in questo caso, parlare di carenza poichè essendo il boro presente in tutti i semi, sebbene in quantità variabili, queste sono sempre più che sufficienti allo sviluppo dell'embrione.

Nella precedente tabella IV si riportano i risultati ottenuti dai vari Aa. sull'argomento.

Skinner, Brown e Reid [131] informano che, in terra trattata con kg/ha 11 di borace, il 50 % circa dei semi di *Vicia faba* L. e *Phaseolus lunatus* L. perde la facoltà germinativa.

Questa quantità corrisponde (1) a mg/kg di terra 3,6 di borace e rispettivamente kg/ha 1,4 e mg/kg di terra 0,44 in B elemento.

Nella Tabella V si riferiscono i dati ottenuti da vari sperimentatori i quali aggiunsero composti borici alle soluzioni nutritive su cui si sviluppavano le piantine in esame.

Delle esperienze di Verona e Suriani [134] si riporta anche la composizione della soluzione nutritiva in quanto questa non è estranea all'effetto del boro sulle piante, per ragioni che vedremo in seguito, quando si tratterà di discriminare i risultati ottenuti dai vari Autori.

Le esperienze compiute su piante in condizioni naturali, cioè, alle-

(1) – In questa citazione, come nelle altre che seguono, si riportano, per comodità di confronto, le quantità di composti borici sia in kg/ha che in mg/kg di terra, indicando con carattere corsivo la cifra calcolata. I calcoli sono stati eseguiti supponendo uniformemente distribuita la quantità di composti borici in uno strato di cm. 25 di terreno e per un peso medio della terra, considerata come terreno smosso, di $^{kg}/_{m^3}$ 1.200.

TABELLA V – *Azione dei composti del boro sulle piante superiori coltivate in mezzi liquidi.*

Pianta	Autore	Rifer. bibliog. N.	Concentrazione minima			Concentrazione ottima			Concentrazione tossica		
			Acido borico mg/litro	Borato sodico mg/litro	Boro mg/litro	Acido borico mg/litro	Borato sodico mg/litro	Boro mg/litro	Acido borico mg/litro	Borato sodico mg/litro	Boro mg/litro
Barbabietola	Bobko e Belvoussouv	32	0,50		*0,09*	5,00		*0,90*	150,00		*27,00*
	Rowe	126	*5,60*		1,00						
	Verona e Suriani (1)	133				*2,80*		0,50	*28,00*		5,00
	" " (2)	133				*0,28*		0,05	*1,40*		0,25
Cotone	Eaton e Blair	64			5,00			10,00			
Fagiuolo	Verona e Suriani (1)	133				*0,05*		0,01			
	" " (2)	133				*0,28*		0,05	*1,10*		0,20
Fava	Warington	144				0,08-40,0		0,01-7,2			
Frumento	Agulhon	2				*56,00*		10,0			
	Morris	108					3,0-20,0	*0,36-2,4*	*280,00*		50,00
	"	108				0,28		*0,05*			
	Verona e Suriani (1)	133				*140,00*		25,00	*565,00*		100,00
	" " (2)	133				*0,28*		0,05	*5,65*		0,10
Mais	Agulhon	2									2,00
	Hotter	81							10,00		*1,80*
Orzo	Brenchley	39				0,05		*0,01*	10,00		*1,80*
Pisello	Brenchley	39						0,01			
	Brenchley e Winifred	41									8,00
	Hotter	81									10,00
	Nakamura	109							1,00		*0,20*
Rapa	Loomis	99				0,1-0,5		*0,02-0,09*			
	Johnston e Dore	87				0,05		*0,01*			
Ravanello	Agulhon	2						2,00			5,00
Segale	Brenchley	39				*0,05*		0,01	*10,00*		1,80
Senape bianca	Verona e Suriani (1)	133				*2,80*		0,50	*280,00*		50,00
	" " (2)	133				*0,28*		0,50	*1,40*		0,25
Soia	Collings	46						2,50			
Spinacio	Nakamura	109				1,00		*5,60*			
Tabacco	Mc Murtrey	104			0,5						
	" "	104			0,5			5,00			
Veccia	Agulhon	2									10,00

(1) Soluzione di Knop: $Ca(NO_3)_2$ 1 ‰, K_2HPO_4 0,25 ‰, $MgSO_4$ 0,25‰) NaCl 0,12 ‰, Fe_2Cl_6 tr.
(2) Soluzione di Mazé: $NaNO_3$ 0,5‰, K_2HPO_4 0,5‰, $MgSO_4$ 0,1‰, $FeSO_4$ 0,05‰, K_2SiO_3 0,02‰, $ZnCl_2$ 0,02‰, $MnCl_2$ 0,02‰, $CaCl_3$ 1,5‰, $Al_2(SO_4)_3$ 0,01‰, NaF 0,002‰, KJ 0,004‰. ($Na_2B_4O_7$ 0,004‰ non era stato aggiunto dagli Aa. per ragioni ovvie).

TABELLA VI – *Concentrazioni di composti del boro ritenute stimolanti su piante coltivate in terra.*

Pianta	AUTORE	Rifer. bibliog. N.	Acido borico		Borato sodico		Boro	
			mg/kg di terra	kg/ha	mg/kg di terra	kg/ha	mg/kg di terra	kg/ha
Barbabietola	DE HAAN	57			*3,33–13,33*	**10–40**	*0,40–1,60*	*1,20–4,80*
	KRAUS	92			*5,0–10,00*	**15–30**	*0,60–1,20*	*1,80–3,60*
	NOWOTNOWNA	112	**3,00**	*9,00*			*0,54*	*1,62*
Fagiolo	CUSUMANO	54	*1,66*	**5,00**			*0,30*	*0,90*
Fava	GALLI	73	*0,47–0,93*	**1,40–2,80**			*0,08–0,16*	*2,25–0,50*
	"	73			*0,23–0,93*	**0,70–2,80**	*0,03–0,11*	*0,08–0,34*
Frumento	FABBRI	66			**250,00**	*750,00*	*30,00*	*90,00*
Lupino	CUSUMANO	54	*1,66*	**5,00**			*0,30*	*0,90*
Mais	AGULHON	1					*3,30*	**10.00**
	GALLI	71 e 72	*1,66*	**5,00**			*0,30*	*0,90*
	"	71 e 72			*1,66*	**5,00**	*0,20*	*0,60*
	"	73	*0,47–0,93*	**1,40–2,80**			*0,08–0,16*	*0,25–0,50*
	"	73			*0,47–0,93*	**1,40–2,80**	*0,06–0,11*	*0,17–0,34*
Medica	GALLI	73	*0,23*	**0,70**	*0,04*	*0,13*		
Pesco	COOK e WILSON	52	**23,20**	*69,60*			*4,17*	*8,34*
	" "	52			**17,60**	*52,80*	*2,11*	*6,33*
Saggina	GALLI	73	*0,23*	**0,70**			*0,04*	*0,13*
	"	73			*0,47*	**1,40**	*0,06*	*0,17*
Sen. bianca	BOBKO, MATVEEVA, SYVOR.	33					**1,50**	*4,50*
Trifoglio	GALLI	73	*0,47–0,93*	**1,40–2,80**			*0,08–0,16*	*0,25–0,50*
	"	73			*0,23*	*0,70*	*0,03*	*0,08*

TABELLA VII. – *Concentrazioni di composti del boro ritenute tossiche su piante coltivate in terra.*

Pianta	AUTORE	Rifer. bibliog. N.	Acido borico		Berato sodico		Boro	
			mg/kg di terra	kg/ha	mg/kg di terra	kg/ha	mg/kg di terra	kg/ha
Albicocco	WEBBER	145					**9,00**	*27,00*
Barbabietola	NOWOTNÒWNA	112					*10,00*	**30,00**
Cavolo	COOK e WILSON	52			*57,70*	**173,00**	*6,90*	*20,80*
	" "	52			**44,00**	*132,00*	*5,30*	*15,80*
	" "	52	**58,00**	*174,00*			*10,40*	*31,30*
	" "	52			**26,40**	*79,20*	*3,20*	*9,50*
	" "	52	**34,80**	*104,40*			*6,30*	*18,80*
Cotone	CONNER	47			*3,30*	**10,00**	*0,40*	*1,20*
	SKINNER e ALLISON	130			*1,80–3,60*	**5,50–11,10**	*0,22–0,44*	*0,7–1,4*
	BRECKENRIDGE	37					*2,00–3,60*	**6,00–11,00**
Fagiuolo	COOK e WILSON	52			**17,60**	*52,80*	*2,10*	*6,30*
	" "	52	**23,20**	*69,60*			*4,20*	*12,60*
Fava	HASELOFF	77					**1,00**	*3,00*
	SKINNER, BROWN e REID	131			*1,80*	**5,50**	*0,22*	*0,70*
Frumento	BRECKENRIDGE	37					*2,00–3,60*	**6,00–11,00**
	CONNER	47			*0,80–1,00*	**2,30–3,00**	*0,10–0,12*	*0,30–0,36*
	COOK	49			**15,00**	*45,00*	*1,80*	*5,40*
	"	49			**22,00**	*66,00*	*2,60*	*7,80*
	FABBRI	66			**500,00**	*1500,00*	*60,00*	*180,00*
	NAKAMURA	109			**10,00**	*30,00*	*1,20*	*3,60*

(Segue)

(Segue) TABELLA VII.

Pianta	AUTORE	Rifer. bibliog. N.	Acido borico mg/kg di terra	Acido borico kg/ha	Borato sodico mg/kg di terra	Borato sodico kg/ha	Boro mg/kg di terra	Boro kg/ha
Lattuga	COOK e WILSON	52			44,00	132,00	5,30	16,00
	COOK e WILSON	52	58,00	174,00			10,40	31,30
Limone	WEBBER	145					3,00	9,00
Mais	BLAIR e BROWN	31			1,80	5,50	0,20	0,70
	CONNER	47			0,70	2,20	0,10	0,20
	SKINNER, BROWN e REID	131			1,80	5,50	0,20	0,70
Medica	GALLI	73			0,20	0,70	0,04	0,13
	"	73	0,50	1,40			0,10	0,30
Navone	JAMALAINEN	84			33,00	100,00	4,00	12,00
Orzo	CHRISTENSEN	44			33,00	100,00	4,00	12,00
Patata	BLAIR e BROWN	31			1,80	5,50	0,20	0,70
	BRECKENRIDGE	37					2,70	8,00
	BROWN	42			3,60	11,00	0,40	1,30
	CONNER	47			6,70	20,00	0,80	2,40
	SKINNER, BROWN e REID	131			3,60	11,00	0,40	1,30
Saggina	GALLI	73	0,50	1,40			0,10	0,30
	"				0,90	2,80	0,10	0,30
Spinacio	COOK e WILSON	52			44,00	132,00	5,30	15,80
	" "	52	58,00	174,00			10,40	31,30
	" "	52			26,40	79,20	31,70	95,10
	" "	52	34,80	104,40			6,30	18,80
Trifoglio	GALLI	73	0,50	1,40			0,10	0,30

vate in terra, in pieno campo od in vaso, sono più numerose ancora delle precedenti.

I risultati ottenuti dai vari Aa. sono riportati nelle Tabelle VI e VII.

Gli effetti della boro-carenza e della boro-eccedenza si rilevano sia dallo sviluppo e dallo stato generale della pianta, sia da deviazioni istologiche, diverse nei due casi, sulle quali non si insiste essendo state anche recentemente trattate con molta chiarezza da VERONA e SURIANI [134] e da D'ANCONA [55].

È facile scorgere, dalle Tabelle V, VI e VII, come esista fra i risultati ottenuti dai diversi sperimentatori una notevole discordanza, le cui cause non sono difficili a ricercarsi ed è per il loro accertamento che si riporta la composizione delle due soluzioni nutritive (MAZÉ e KNOP) usate da VERONA e SURIANI [134]: nella soluzione di MAZÉ è contenuto un sale di calcio insolubile: il carbonato, ed in quella di KNOP un sale di calcio solubile: il nitrato; ed è proprio questa, secondo gli Aa., la ragione per cui la tossicità del boro, a parità di concentrazione, è maggiore nella soluzione di MAZÉ che in quella di KNOP.

Ciò spiega perfettamente come si siano ottenuti dai diversi sperimentatori risultati variabili, in dipendenza della composizione della soluzione nutritiva.

Quello che accade nella coltivazione delle piante in mezzo liquido accade anche nella coltivazione in terra, per quanto riguarda la presenza del calcio.

Ciò è confermato anche da CONNER [47], da NELLER e MORSE [111] ed altri.

In terra poi, oltre al differente contenuto in sali di calcio, vi è anche un'altra ragione per la quale gli effetti del boro possono variare, ed è la presenza di determinate sostanze organiche.

È noto, infatti, come il boro sia capace di dare, con alcune sostanze organiche, composti organo-borici e come tali composti abbiano

un comportamento sia chimico che biologico molto differente da quello delle sostanze che entrano a farne parte.

I composti organo-borici, infatti, hanno un' acidità molto superiore a quella dell'acido-borico (talvolta anche cento volte superiore secondo alcuni), tant' è che si ricorre ad essi per la determinazione volumetrica di questo acido.

Tra i fattori accessori sono sopratutto da citare la più o meno marcata acidità del suolo, anche secondo l'opinione espressa da Kelley e Brown [88], e la sua permeabilità che ne favorisce il dilavamento.

L'importanza agraria dei composti del boro deriva, oltrechè dalla loro azione stimolante, anche dal fatto che il boro si rinviene in molti concimi minerali, artificiali o naturali (nitrato di sodio del Cile); fu proprio questa la causa prima che segnò l'inizio dei numerosi lavori degli Aa. nord-americani, allorchè, per avere usato concimi accidentalmente ricchi in borati, in sostituzione dei sali di Stassfurt, nel 1915-18, si accorsero che il boro danneggiava i raccolti.

Inoltre molti Aa., pure del Nord-America, si sono occupati della questione per il fatto che si è tentato, in America, di mescolare borace al letame, per impedire lo sviluppo delle larve di mosca, secondo quanto riferiscono Cook, Hutchinson e Scales [50] ed altri.

Per confrontare le quantità in boro ritenute dagli Aa. tossiche per le varie piante, con quelle riscontrate nei terreni di Larderello si prenderanno in considerazione per queste ultime i valori relativi sia al boro solubile in acqua, sia a quello totale.

Infatti, non essendo state fatte, dalla grande maggioranza degli sperimentatori, analisi relative al boro rimasto solubile nel terreno dopo un certo tempo dalla somministrazione dei suoi composti, è naturale che si debbano confrontare i valori relativi al boro totale.

Il terreno di cui ai campioni NN. 1 e 2, sul quale si riscontrò vegetazione di Frumento, *Lolium* e *Yuncus* conteneva mg/kg 100 di B.

Fra i risultati riportati nella Tabella VII, solo quelli ottenuti da Fabbri [66] si avvicinavano a questa quantità: mg/kg 60.

Ed il risultato ottenuto da Fabbri è già notevolmente alto rispetto a tutti gli altri. Ove si escluda questo reperto, tutti i terreni di Larderello avevano un contenuto in B totale da ritenersi tossico.

Anche considerando il solo B solubile si rileva che le quantità riscontrate sono notevolmente alte rispetto a quelle ritenute tossiche dalla maggior parte degli Autori.

Ciononostante sui terreni di Larderello vivono e producono quasi tutte le piante comunemente coltivate senza che siano mai stati segnalati disturbi o malattie specifiche.

Se per le piante spontanee si può invocare l'adattamento al boro, altrettanto non può dirsi per le piante coltivate le cui sementi sono di frequente cambiate. Sotto questo punto di vista sarebbe interessante una larga sperimentazione ed una accurata inchiesta sugli usi degli agricoltori del luogo, per accertare la effettiva resistenza delle piante al boro nella località e per stabilire se tutte le varietà delle piante coltivate hanno lo stesso grado di resistenza. Ciò peraltro è compito degli Agronomi cui additiamo questo tema di studio.

Conclusioni.

Dalle ricerche condotte sui terreni e sulla vegetazione della zona boracifera di Larderello è risultato che:

I. – i terreni della zona contengono notevoli quantità di boro, sia totale che solubile in acidi deboli ed in acqua;

II. – le quantità di boro sono nettamente in proporzione inversa alla distanza dal centro boracifero;

III. - il rapporto $\frac{\text{boro solubile}}{\text{boro totale}}$ è in stretta e diretta relazione con le quantità di calcare presente nei terreni stessi;

IV. - le piante sviluppate in detti terreni, nelle condizioni di esperimento, non contengono quantità di boro così elevate quanto sarebbe da aspettarsi;

V. - dette piante, sia coltivate che spontanee, presentano una forte resistenza al boro.

Pisa, Facoltà di Agraria della R. Università
Istituto di Patologia vegetale
e Microbiologia agraria e tecnica

(Presentata il 16 Maggio 1938 - XVI)